



Derin Karıştırma Kolunu ile Güçlendirilmiş Yumuşak Zeminlerin Sayısal Analizi

Emine Almadani^{1*}, Kaveh Dehghanian^{2*}

^{1*} Istanbul Aydin University, Orcid Id: 0000-0002-8589-9777, amenaalmadani94@gmail.com

² Istanbul Aydin University, Orcid Id: 0000-0002-6372-4984, kavehdehghanian@aydin.edu.tr

* Sorumlu Yazar: amenaalmadani94@gmail.com; Tel.: (+905395838294)

(First received September 14, 2022 and in final form December 21, 2022)

2nd International Conference on Design, Research and Development
December 14 - 17, 2022

Reference: Almadani, E., Dehghanian, K. Derin Karıştırma Kolunu ile Güçlendirilmiş Yumuşak Zeminlerin Sayısal Analizi. Orclever Proceedings of Research and Development,1(1), 240-256.

Özet

Derin karıştırma yöntemi, zeminin çimento ve diğer bağlayıcı malzemelerle karıştırıldığı bir yerinde zemin iyileştirme işlemidir. Bu çalışma kapsamında, çeşitli referans alınan sayısal çalışmasındaki derin karıştırma kolonları ile güçlendirilmiş zemin için iki-boyutlu sayısal analizleri yapılmıştır. Analizlerde iki farklı yumuşak killi zemin özellikleri (Model 1 ve Model 2) kullanılmıştır. İki boyutlu modellerin analizi PLAXIS 2D sonlu elemanlar programı ile yapılmıştır. Bu modellerden elde edilen deformasyonlar, konsolidasyon ve basınç ağırlıkları, Mohr-Coulomb ve yumuşak zemin modellerinin bulunan sonuçları karşılaştırılmıştır. Zemin özellikleri ve Kolonun uzunluğu, elastisite modülü, çapı ve arasındaki mesafenin etkisi iki model için incelenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma, inşaat aşamasına gelmeden önce, zemin özellikleri iyi ve doğru seçildiği takdirde, mevcut saha koşullarını yansıtacak modelleme ile birlikte iki boyutlu analizlerin makul seviyede gerçekçi sonuçlar verebildiğini düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güçlendirilmiş yumuşak zemin, Derin karıştırma kolonları, Sonlu Elemanlar Yöntemi



Numerical Analysis of Soft Soils Reinforced with Deep Mixing Column

Abstract

The deep mixing method is an in-situ soil improvement method in which the soil is mixed with cement and other binding materials. Within the scope of this study, two-dimensional numerical analyzes of a reinforced soil by deep mixing columns were carried out. Two different soft clay soil properties (Model 1 and Model 2) were used in the analyses. Analysis of two-dimensional models was done with PLAXIS 2D finite element program. The deformations, consolidation and compression obtained from Mohr-Coulomb and soft soil models were compared. The effects of soil properties and the length of the column, modulus of elasticity, diameter and distance between them were investigated for two models. As a result, it is thought that two-dimensional analyzes together with the modeling that will reflect the current site conditions can give reasonably realistic results if the soil properties are selected well and correctly before the construction phase.

Keywords: Reinforced soft soil, Deep mixing columns, Finite Element Method

1.Giriş

Modern toplumların ekonomik gelişimi, dünya nüfusunun ve endüstriyel komplekslerin büyük şehirlerin çevresinde artan yoğunlaşması ile bağlantılı olarak, jeoteknik mühendisliği bakış açısından, zayıf kaliteli toprakların işgalinin artmasına yol açmıştır. Bu konseptte, genellikle düşük kesme mukavemeti ve yüksek sıkıştırılabilirlik ile karakterize edilen yumuşak zeminler dahildir. Günümüzde, oturmaları azaltmak veya hızlandırmak ve zemin temelin mukavemetini artırmak için jeoteknik zayıflıkların bir kısmını çözebilecek ve/veya hafifletebilecek bazı teknikler bulunmaktadır (Oliveira P J., 2011). Yaygın olarak kullanılan bir zemin iyileştirme teknolojisi olan Derin Karıştırma Yöntemi, yumuşak zeminlerin taşıma kapasitesini ve stabilitesini artırmak ve temellerin toplam ve farklı oturmalarını azaltmak için başarıyla kullanılmıştır. Bu teknoloji, sertleştirilmiş kolonlar oluşturmak için yumuşak zeminleri çimento, kireç veya her ikisinin bir kombinasyonu ile mekanik olarak karıştırmıştır (Jiang,2012). gevşek kumda radye temel ile birleştirilmiş derin karıştırma kolonlarının (DSM kolonları) uygulaması araştırılmıştır. Kolonların efektif aralıkları, kolonların efektif uzunluğu, kolonların efektif çapı ve optimum kolon grubunun radyeye oranı gibi faktörler elde edilmiştir. Radye

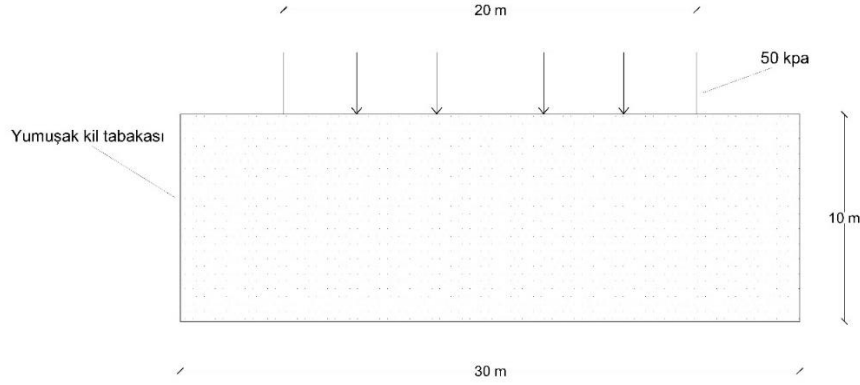


temellerde beton kazık ve derin karıştırma kolonlarının kullanımı arasında bir karşılaştırma yapılmıştır (Oliaei M.,2021). Ayrıca Geogrid katmanları ile kolon destekli dolguların (CSE), büyük deformasyonlara ve yanal hareketlere maruz kalabilen yumuşak zeminler için en etkili ve ekonomik tekniklerden biri olduğu doğrulanmıştır . Bu sistemde geogrid tabakası yatay doğrultuda donatı, kolonlar ise düşey donatı görevi görmektedir. Son yıllarda birçok yayın, geogrid kolon destekli teknikle destek dolguların kullanılmasına odaklanmıştır (Albusoda B S.,2020). Bununla birlikte, Sertleştirilmiş Derin Çimento Karıştırma (SDCM) davranışı üzerine kapsamlı araştırma sonuçları sunulmakta ve geleneksel Derin Çimento Karıştırma (DCM) davranışıyla karşılaştırılmaktadır (Voottipruex P.,2011 Ve Wonglert A.,2018). Basitleştirilmiş düzlem-şekil değiştirme modellemesi ile iki boyutlu sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Üç boyutlu gerçekliği iki boyutlu modellemeye dönüştürmek için iki farklı yöntem yapılmıştır. Karşılaştırma için analizlerde eksenel simetri modelleri kullanılmıştır. Analizler PLAXIS 2D yazılımı ile yapılmıştır. Derin karışık kolonların rijitliği ile ilgili parametrik bir çalışma da yapılmıştır (Tugce C F.,2018). Bangbo-Klongdan karayolları boyunca aletli bir derin karıştırma kolonları destekli set üzerindeki bir saha çalışmasının sayısal analizine odaklanmıştır. Saha çalışmasında, bireysel kolon testlerinde eksenel basınç ve yanal yük testleri yapılmış ve dolgu inşaatı sırasında oturmalar, aşırı boşluk suyu basıncı ve toprak basıncı yaklaşık 235 gün boyunca zaman içinde izlenmiştir. Sayısal analiz, birleşik bir mekanik ve hidrolik modelle konsolidasyon davranışını simüle etmektedir. Ek olarak, kolondaki maksimum bükülme dahil olmak üzere derin karıştırma kolon destekli dolgunun performansı üzerindeki beş temel etki faktörünü araştırmak için parametrik bir çalışma yapılmıştır (Jamsawang P.,2016). Bu çalışmada, Derin karıştırma kolonlarının etkisini incelenmiştir. Yumuşak killi bir zemin tabakasını alarak PLAXIS 2D sonlu elemanlar programı ile onun davranışı incelenmiştir. Ayrıca kolonların çapı, uzunluğu ve aralarındaki mesafesi değiştirilip Mohr- Coulomb ve Yumuşak Zemin modelleri uygulanarak karşılaştırma yapıp sonuç verilmiştir.

2. Metot Ve Yöntemler

2.1. Analiz Tanımı Ve Malzemeleri

Bu çalışmada Model 1 ve Model 2 adlandırılıp iki farklı Zemin özellikleri alınmıştır. Ayrıca bu iki model için Plaxis 2D sonlu elemanlar programı kullanarak Mohr Coulomb ve Yumuşak Zemin yöntemleri uygulanmıştır. 30 metre genişlik, 10 metre derinliğe sahip bir vaka için ve 50 Kpa'lık bir yapının altındaki Zemin davranışı incelemek için derin karıştırma kolonları etkisini anlamak için aşağıdaki şekil 1'de görüldüğü üzere ,Plaxis 2D ile modelleme yapıp simüle edilmiştir.



Şekil 1: Plaxis 2D sonlu elemanlar programı çizilen derin karıştırma kolonları eklemeyen durumu modeli.

2.2 Mohr Coulomb Yöntemi

Sayısal analizlerde Mohr coulomb modeli kullanıldığında zeminin drenaj tipi drenajsız olarak seçilmiştir. Kuru birim hacim ağırlığı (γ), doymun birim hacim ağırlığı (γ_{sat}), poisson oranı (ν), elastisite modülü (E), kohezyon (c) ve sürtünme açısı (ϕ) değerleri “Kocaeli İli, Derince İlçesi Dumlupınar Mahallesi Yerleşim Alanının Revize İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Ek Raporu”ndan (2002) yararlanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, derin karıştırma kolonlarının kuru birim hacim ağırlığı (γ), doymun birim hacim ağırlığı (γ_{sat}), poisson oranı (ν), elastisite modülü (E), kohezyon (c) ve sürtünme açısı (ϕ) değerleri I. Yıldız (2022) tarafından yapılan “Derin Karıştırma Kolonları İle Güçlendirilmiş Dolguların İki Ve Üç Boyutlu Sayısal Analizleri” çalışmasından yararlanılarak belirlenmiştir.

Parametre çalışması sonucu analizlerde kullanılmak üzere belirlenen malzeme modelleri ve zemin malzeme özellikleri çizelge 1’de verilmektedir.



Çizelge 1: Mohr Coulomb yönetimi ile sayısal analizlerde kullanılan malzeme özellikleri.

Mohr Coulomb				
	Model 1		Model 2	
	Yumuşak kil	Derin karıştırma kolonu	Yumuşak kil	Derin karıştırma kolonu
Malzeme modeli	MC	MC	MC	MC
Drenaj tipi	drenajsız	gözeneksiz	drenajsız	gözeneksiz
Kuru birim hacim ağırlığı γ_{unsat} (kN/m ³)	18	22	18.4	22
Doygun birim hacim ağırlığı γ_{sat} (kN/m ³)	19	-	19.4	-
Elastisite modülü E (kN/m ²)	18000	900000	30000	900000
Poisson oranı ν	0.3	0.35	0.35	0.35
Kohezyon (c) kN/m ²	30	400	41	400
Sürtünme açısı φ (°)	23	0	23	0
Permabilite k_x	4×10^{-5}	0	5×10^{-4}	0
Permabilite k_y	4×10^{-5}	0	5×10^{-4}	0
Başlangıç boşluk oranı (e_0)	0.5	0.5	0.5	0.5
Ödometre modülü E_{oed} (kN/m ²)	2.423×10^4	1.44×10^6	4.815×10^4	1.44×10^6
Kayma hızı (v_s) m/s	61.39	385.3	76.93	385.3
basınç hızı (v_p) m/s	114.9	802.1	160.1	802.1



2.3 Yumuşak Zemin Yöntemi

Sayısal analizlerde yumuşak zemin modeli kullanıldığında zeminin drenaj tipi drenajsız olarak seçilmiştir. Zeminin Kuru birim hacim ağırlığı (γ), doymun birim hacim ağırlığı (γ_{sat}), kohezyon (c) ve sürtünme açısı (φ) değerleri “Kocaeli İli, Derince İlçesi Dumlupınar Mahallesi Yerleşim Alanının Revize İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Ek Raporu”ndan (2002) yararlanılarak belirlenmiştir.

Aynı zamanda Modifiye sıkışma indisi (λ^*) ve Modifiye şişme indisi (κ^*) etkileri önemli bir rol oynadığından dolayı ve etkilerini iyici incelemek amacı ile iki farklı modelde (Model 1 ve Model 2) birbirinden farklı değerler alınmıştır. Bu değerler I. Yıldız (2022) tarafından yapılan “Derin Karıştırma Kolonları İle Güçlendirilmiş Dolguların İki Ve Üç Boyutlu Sayısal Analizleri” çalışmasından yararlanılarak belirlenmiştir.

Ayrıca, derin karıştırma kolonlarının kuru birim hacim ağırlığı (γ), doymun birim hacim ağırlığı (γ_{sat}), poisson oranı (ν), elastisite modülü (E), kohezyon (c) ve sürtünme açısı (φ) değerleri I. Yıldız (2022) tarafından yapılan “Derin Karıştırma Kolonları İle Güçlendirilmiş Dolguların İki Ve Üç Boyutlu Sayısal Analizleri” çalışmasından yararlanılarak belirlenmiştir.

Bununla birlikte, zeminin ve kolonların permeabilite katsayıları, Başlangıç boşluk oranı (e_0), Sıkışma indisi (C_c), Şişme indisi (C_s) ve Boşaltma, Normal konsolide killer için yanal toprak basıncı katsayısı, (K_0^{nc}) ve geri yükleme durumundaki poisson oranı (ν_{ur}) değerleri ise Plaxis 2D progmanında otomatik olarak hesaplanmıştır.

Parametre çalışması sonucu analizlerde kullanılmak üzere belirlenen malzeme modelleri ve zemin malzeme özellikleri çizelge 2’de verilmektedir.



Çizelge 2 Yumuşak Zemin yönetimi ile sayısal analizlerde kullanılan malzeme özellikleri.

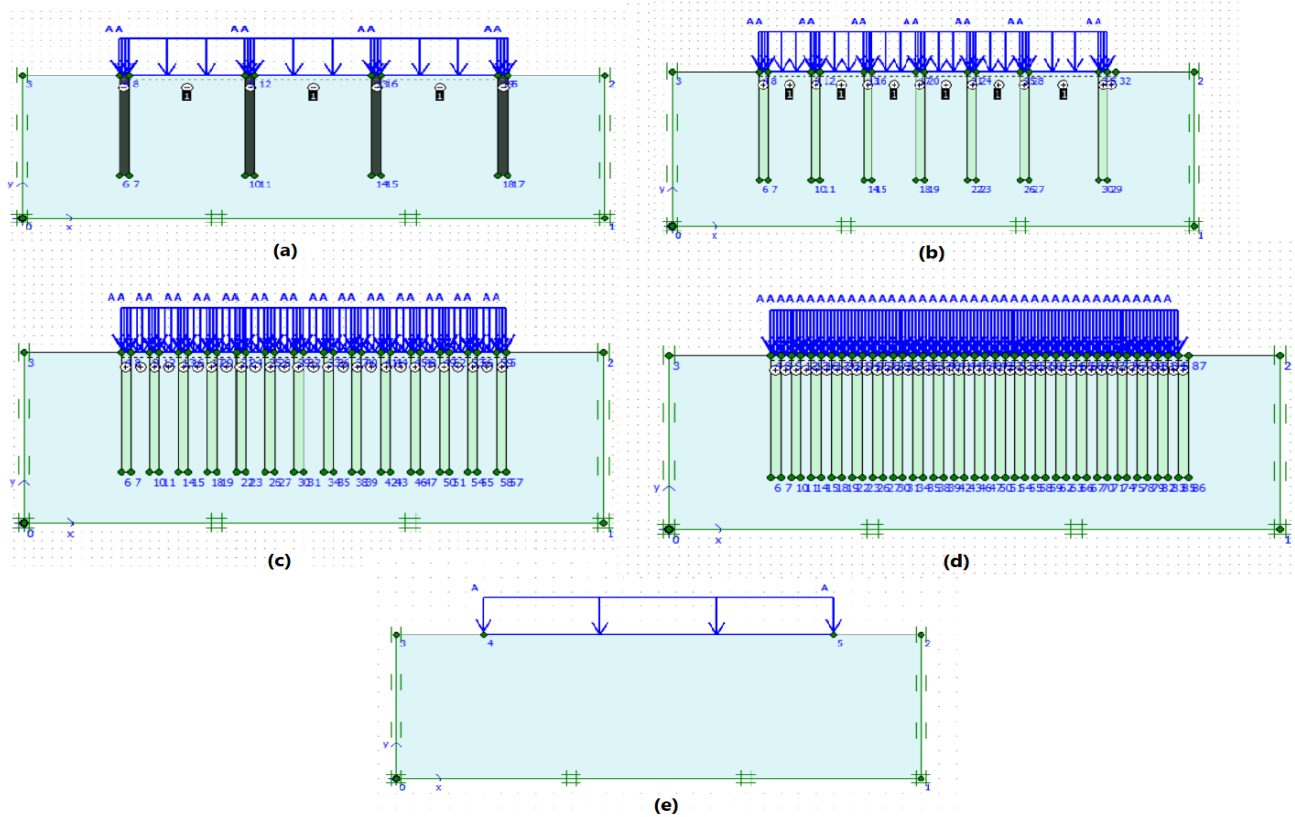
Yumuşak zemin Modeli				
	Model 1		Model 2	
	Yumuşak kil	Derin karıştırma kolonu	Yumuşak kil	Derin karıştırma kolonu
Malzeme modeli	SSM	MC	SSM	MC
Drenaj tipi	drenajsız	gözeneksiz	drenajsız	gözeneksiz
Kuru birim hacim ağırlığı γ_{unsat} (kN/m ³)	18	22	18.4	22
Doygun birim hacim ağırlığı γ_{sat} (kN/m ³)	19	-	19.4	-
Elastisite modülü E (kN/m ²)	-	900000	-	900000
Modifiye sıkışma indisi, (λ^*)	0.18	-	0.09	-
Modifiye şişme indisi, (κ^*)	0.040	-	0.020	-
Poisson oranı ν	-	0.35	0.35	0.35
Kohezyon (c) kN/m ²	30	600	41	600
Sürtünme açısı ϕ °	23	0	23	0
Permabilite k_x	4×10^{-5}	0	5×10^{-4}	0
Permabilite k_y	4×10^{-5}	0	5×10^{-4}	0
Başlangıç boşluk oranı (e_0)	0.5	0.5	0.5	0.5
Sıkışma indisi (C_c)	0.6120	-	0.3105	-
Şişme indisi (C_s)	0.0690	-	0.0345	-
Dilatasyon açısı, (Ψ) °	0.35	0	0.35	0
Ödometre modülü E_{oed} (kN/m ²)	-	1.44×10^6	-	1.44×10^6
Kayma hızı (v_s) m/s	-	385.3	-	385.3
basınç hızı (v_p) m/s	-	802.1	-	802.1

2.4 Statik Analizleri

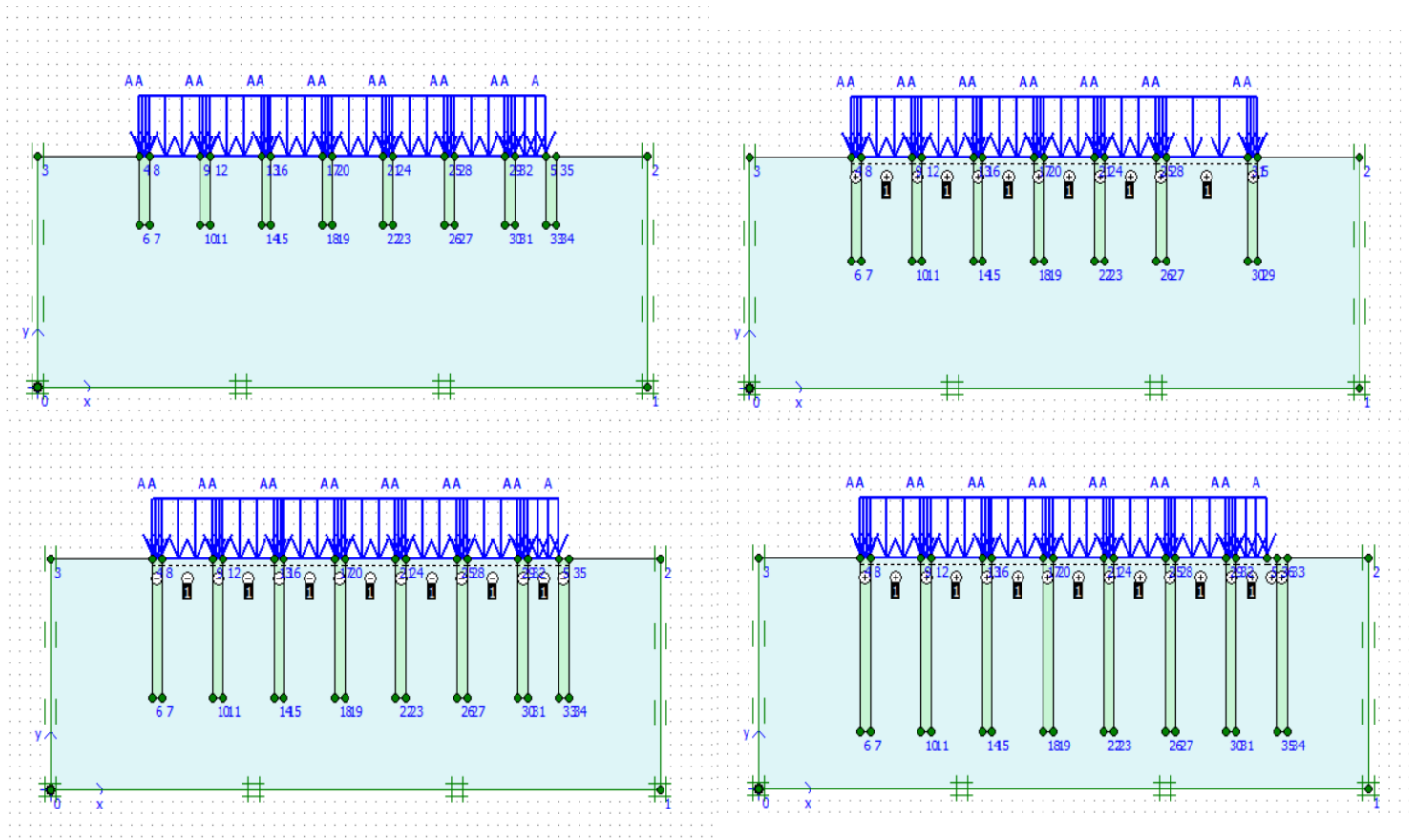
Statik analizlerde derin karıştırma kolonlarının etkisini anlamak için Model 1 ve Model 2’de farklı modelleme yapıp karşılaştırılmışlardır. Şekil 2’de gösterildiği üzere Model 1 ve Model 2’nin Mohr Coulomb ve Yumuşak Zemin yöntemleri uygulanarak kolonların arasındaki mesafeyi (S) değeri değiştirerek (S=6.5, 3, 1.5 ve 1 metre) Uzunluğu L= 7 metre ve çapı D=0.5 metre bütün durumlar için sabit olarak yapılan modellemeleridir.

Şekil 3’te gösterildiği üzere Model 1 ve Model 2’nin Mohr Coulomb ve Yumuşak Zemin yöntemleri uygulanarak kolonların uzunluğu-çapı oranı (L/D) değeri (L/D=15, 12, 9 ve 6) arasındaki mesafe S=3 metre ve çapı D=0.5 metre bütün durumlar için sabit olarak yapılan modellemeleridir.

Ayrıca modelleme yapıldıktan sonra her model (model 1 ve 2) ve her yöntem (mohr coulomb ve yumuşak Zemin) için farklı sonuçlar vermektedir.



Şekil 2 : Model 1 ve 2’nin plaxis 2D ile yapılan ilk modelleme durumları **a)** D=0.5 m, L=7 m, S=6 m (4 tane kolon), **b)** D=0.5 m, L=7 m, S=3 m (7 tane kolon), **c)** D=0.5 m, L=7 m, S=1.5 m (14 tane kolon), **d)** D=0.5 m, L=7 m, S=1 m (21 tane kolon), **e)** kolonsuz modeli.



Şekil 3 : Model 1 ve 2 'nın plaxis 2D ile yapılan ilk modlleme durumları **a) $L/D=6$** ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=3$ m) (8 tane kolon), **b) $L/D=9$** ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=4.5$ m) (8 tane kolon), **c) $L/D=12$** ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=6$ m) (8 tane kolon) ,**d) $L/D=15$** ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=7.5$ m) (8 tane kolon)

Çizelge 3. Model 1 ve Model 2 yöntemlerinde kullanılacak kolonun uzunluğu, aralıklı mesafe ve çap değerleri.

Model 1 ve Model 2		
	Uzunluk L (m)	Çap D (m)
Aralıklı kolonlar	7	0.5
S=6.5 m		
S=3 m		
S=1.5 m		
S=1 m		

Çizelge 4 Model 1 ve Model 2 yöntemlerinde kullanılacak kolonun uzunluğu-çapı oranı ve aralıklı mesafe değerleri.

	Uzunluk L (m)	Model 1 ve Model 2	
		Aralıklı mesafe S (m)	Çap D (m)
L/D=15	7.5	3	0.5
L/D=12	6		
L/D=9	4.5		
L/D=6	3		

3. Bulgular

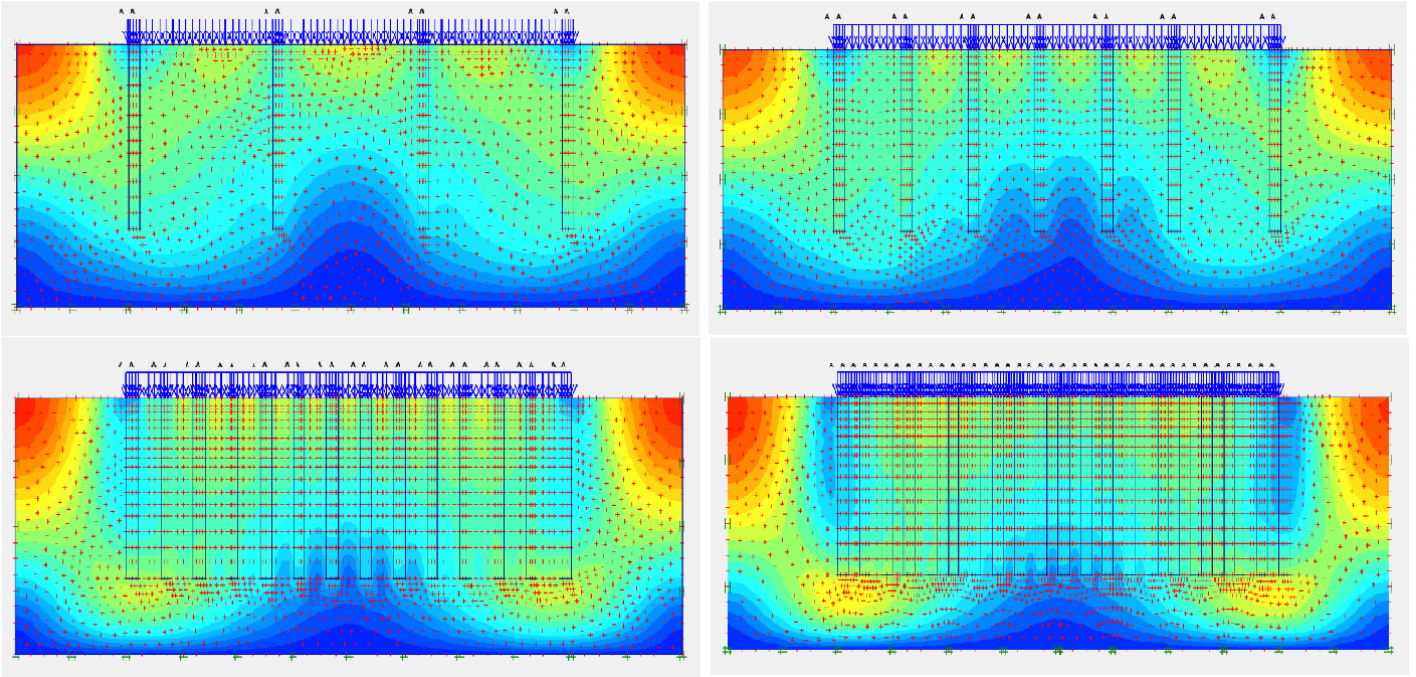
3.1 Mohr Coulmb Analizleri

Mohr coulomb yöntemi kullanılarak model 1'in analiz ve simülasyon sonuçları şekil 4'te sunulmaktadır. Ayrıca şekil 5'te kolonların arasındaki mesafe (s) -deformasyon (U) ilişkinin diyagramı göstermektedir. Gösterelen sonuçlara göre, zemindeki deformasyon kolonların arasındaki mesafe arttınca o da artmaktadır.

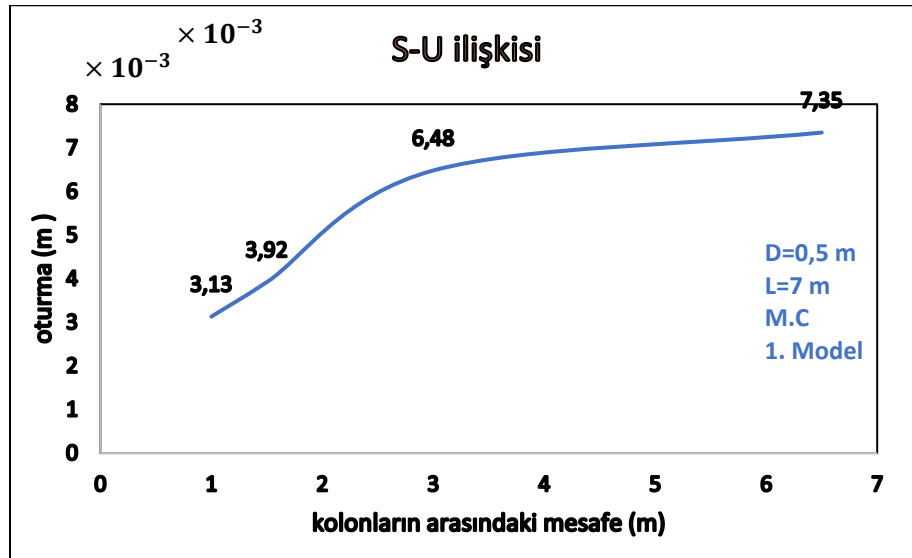
Bununla birlikte, Mohr coulomb yöntemi kullanılarak model 2'in analiz ve simülasyon sonuçları şekil 6'te sunulmaktadır. Ayrıca şekil 7'te kolonların arasındaki mesafe (s) -deformasyon (U) ilişkinin diyagramı göstermektedir. Gösterelen sonuçlara göre, zemindeki deformasyon kolonların arasındaki mesafe arttınca o da artmaktadır.

Mohr coulomb yöntemi kullanılarak model 1'in analiz ve simülasyon sonuçları şekil 8'te sunulmaktadır. Ayrıca şekil 9'te kolonların uzunluğu-çapı oranı (L/D) -deformasyon (U) ilişkinin diyagramı göstermektedir. Gösterelen sonuçlara göre, zemindeki deformasyon kolonların uzunluğu-çapı oranı arttınca o azalmaktadır.

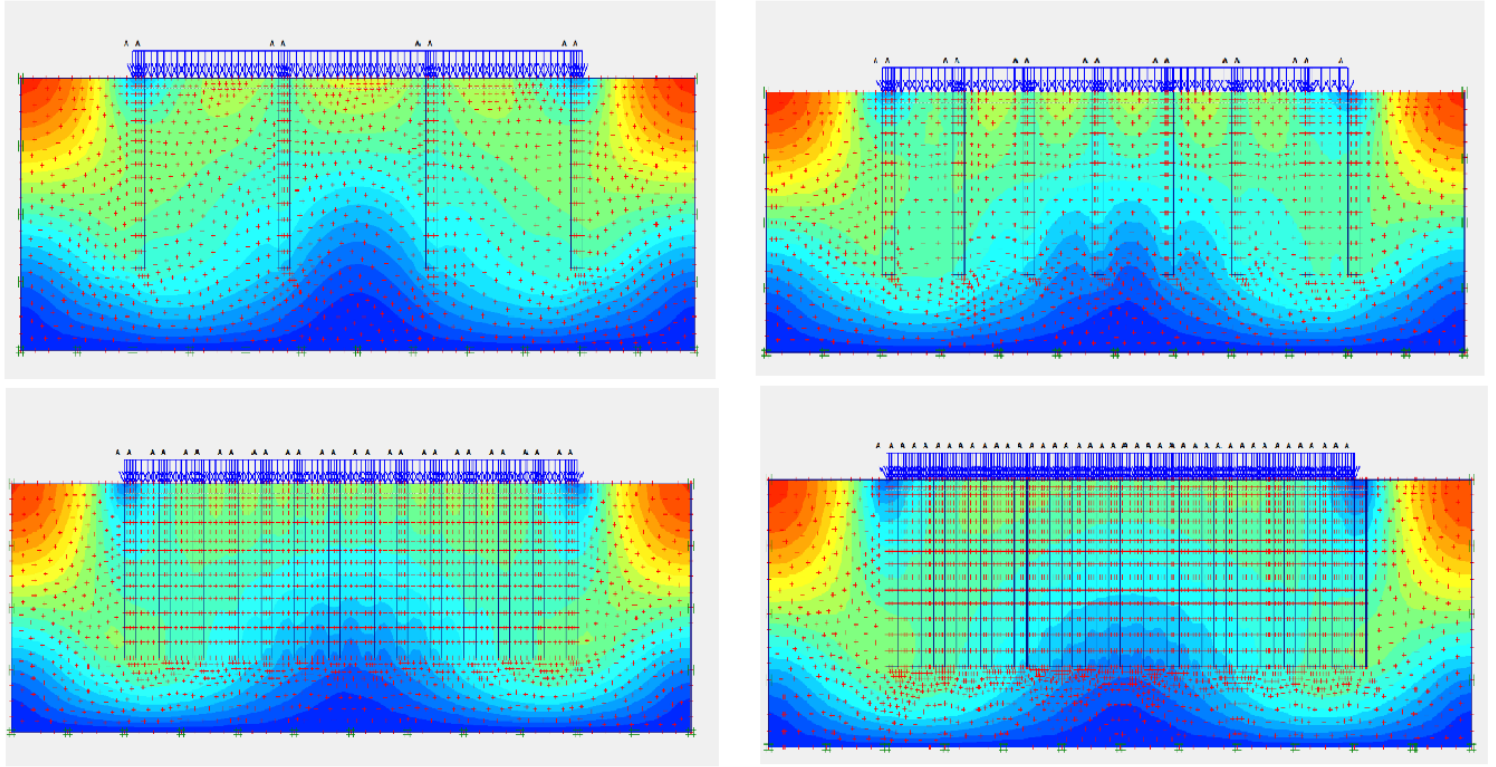
Mohr coulomb yöntemi kullanılarak model 2'in analiz ve simülasyon sonuçları şekil 10'te sunulmaktadır. Ayrıca şekil 11'te kolonların uzunluğu-çapı oranı (L/D) -deformasyon (U) ilişkinin diyagramı göstermektedir. Gösterelen sonuçlara göre, zemindeki deformasyon kolonların uzunluğu-çapı oranı arttınca o azalmaktadır.



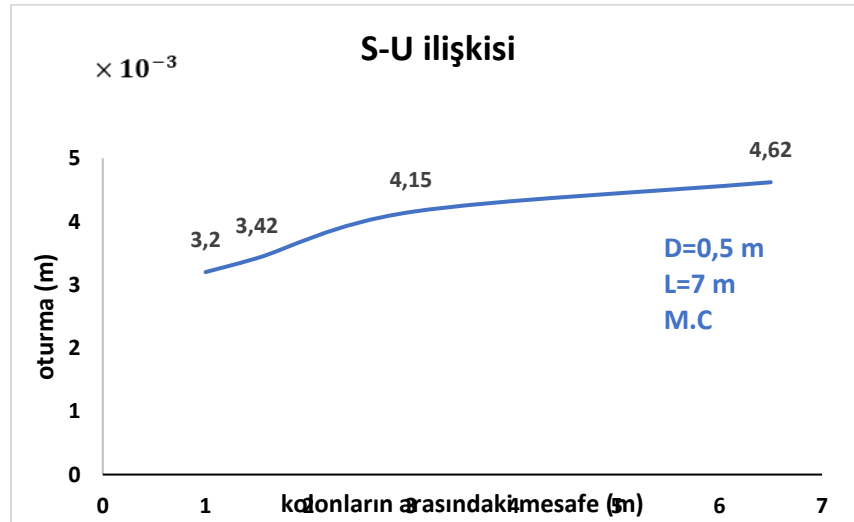
Şekil 4 : Model 1'in plaxis 2D ile yapılan ilk modlleme sonuçları a) $D=0.5$ m, $L=7$ m, $S=6$ m (4 tane kolon), b) $D=0.5$ m, $L=7$ m, $S=3$ m (7 tane kolon), c) $D=0.5$ m, $L=7$ m, $S=1.5$ m (14 tane kolon), d) $D=0.5$ m, $L=7$ m, $S=1$ m (21 tane kolon).



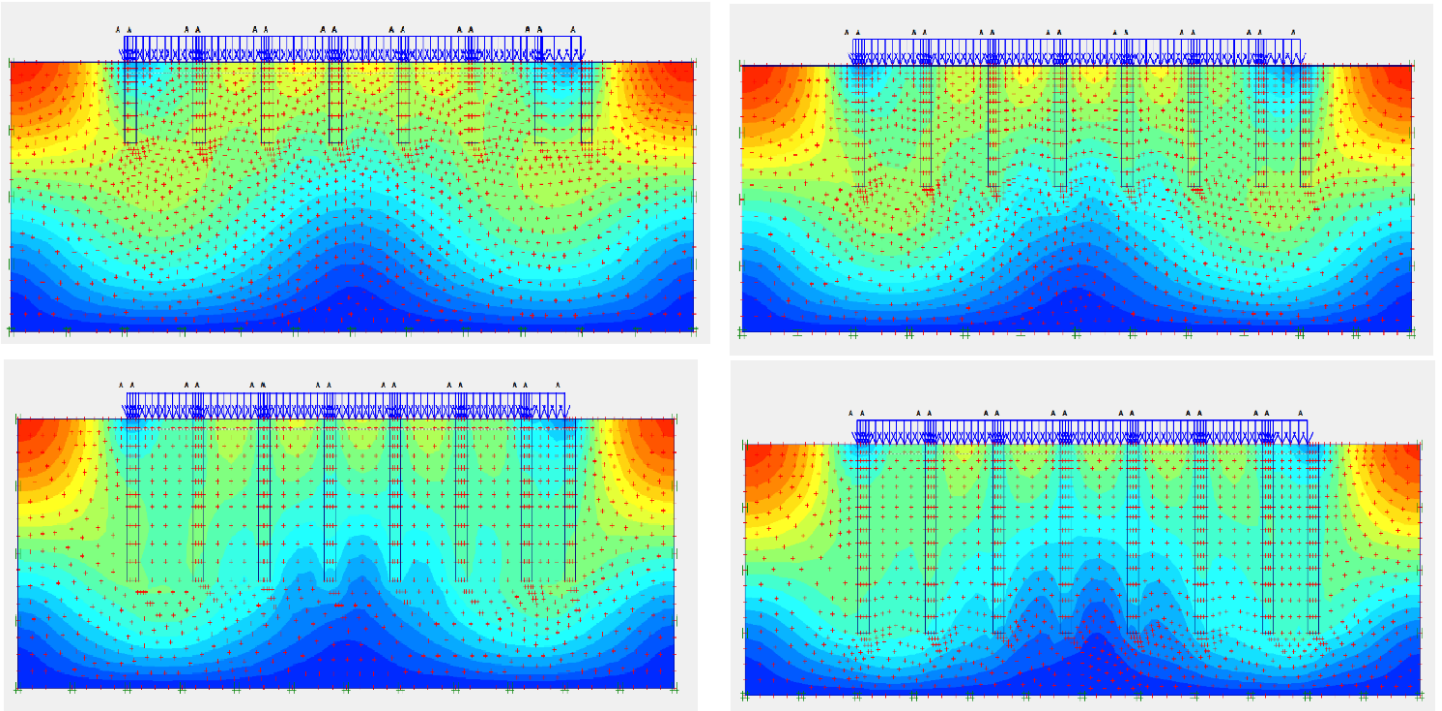
Şekil 5 : Model 1 için deformasyon-S ilişkisi



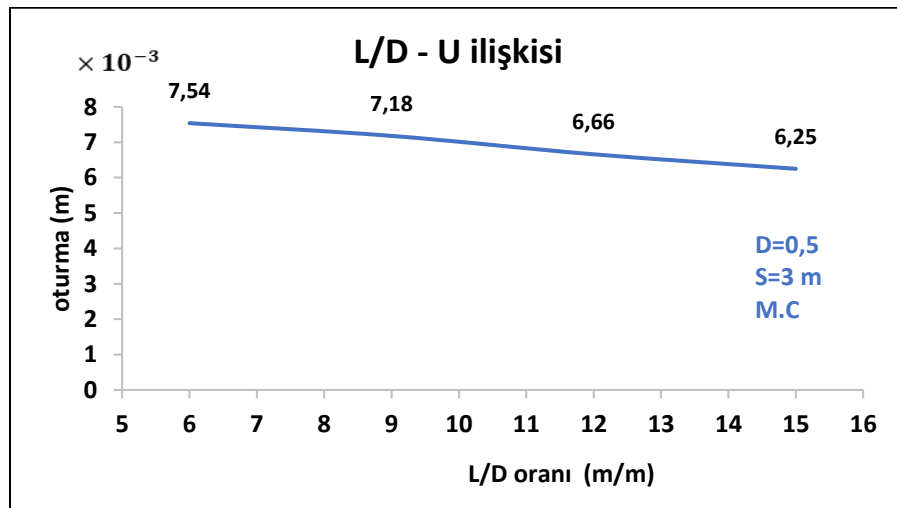
Şekil 6 : Model 2'nin plaxis 2D ile yapılan ilk modlleme sonuçları **a)** $D=0.5$ m, $L=7$ m, $S=6$ m (4 tane kolon), **b)** $D=0.5$ m, $L=7$ m, $S=3$ m (7 tane kolon), **c)** $D=0.5$ m, $L=7$ m, $S=1.5$ m (14 tane kolon), **d)** $D=0.5$ m, $L=7$ m, $S=1$ m (21 tane kolon).



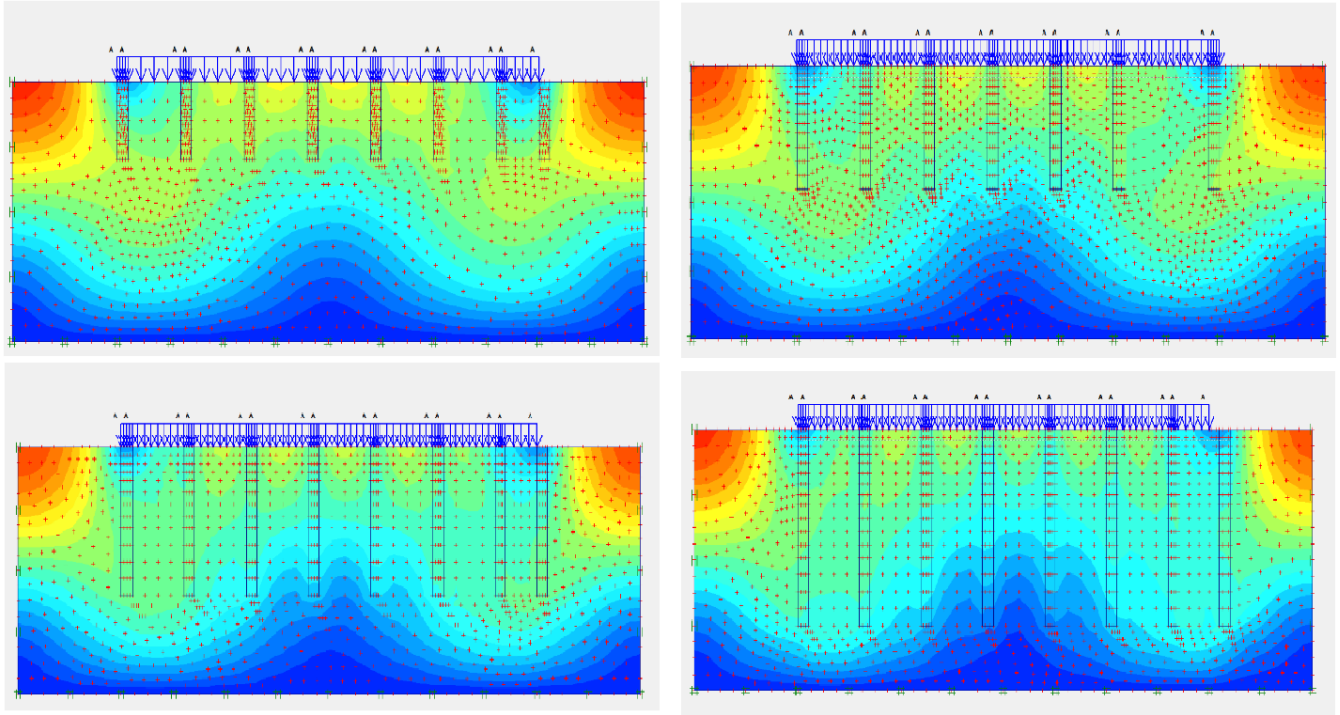
Şekil 7 : Model 2 için deformasyon-S ilişkisi



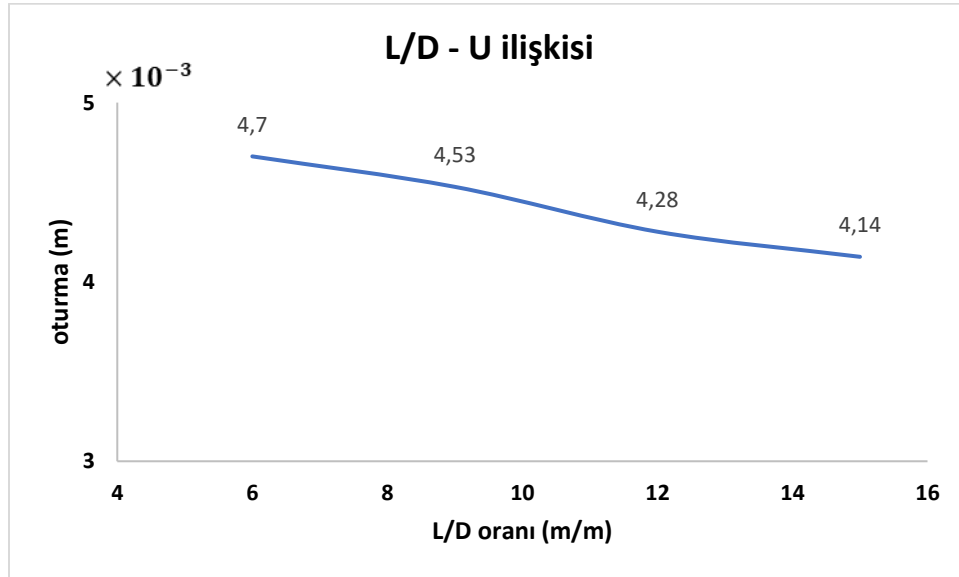
Şekil 8 : Model 1'in plaxis 2D ile yapılan ilk modlleme sonuçları a) $L/D=6$ ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=3$ m) (8 tane kolon), b) $L/D=9$ ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=4.5$ m) (8 tane kolon), c) $L/D=12$ ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=6$ m) (8 tane kolon) ,d) $L/D=15$ ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=7.5$ m) (8 tane kolon)



Şekil 9 : Model 1 için deformasyon-L/D ilişkisi



Şekil 10 : Model 2'in plaxis 2D ile yapılan ilk modlleme sonuçları a) $L/D=6$ ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=3$ m) (8 tane kolon), b) $L/D=9$ ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=4.5$ m) (8 tane kolon), c) $L/D=12$ ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=6$ m) (8 tane kolon) ,d) $L/D=15$ ($D=0.5$ m, $S=3$ m, $L=7.5$ m) (8 tane kolon)

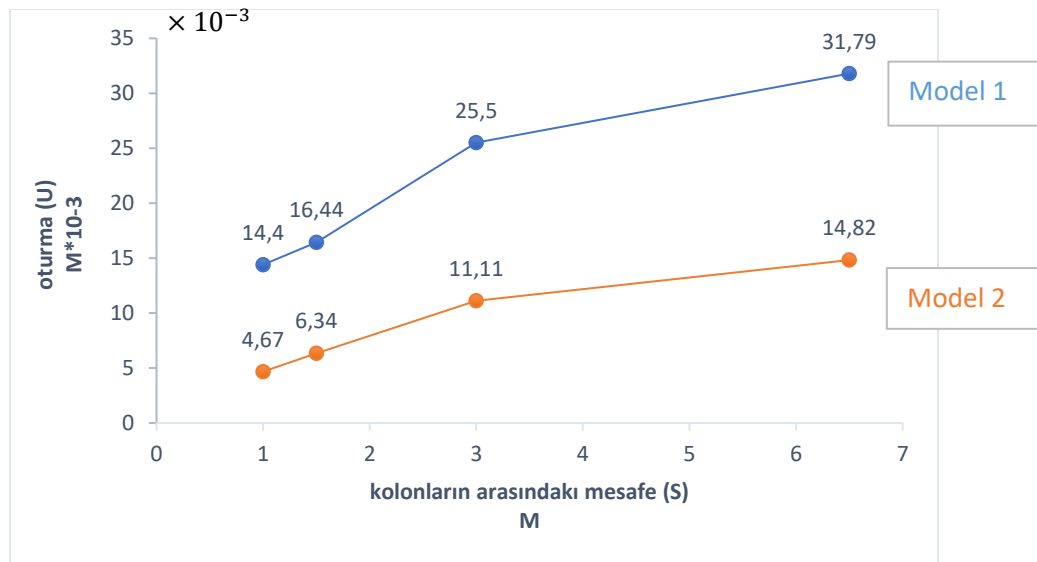


Şekil 11: Model 2 için deformasyon-L/D ilişkisi

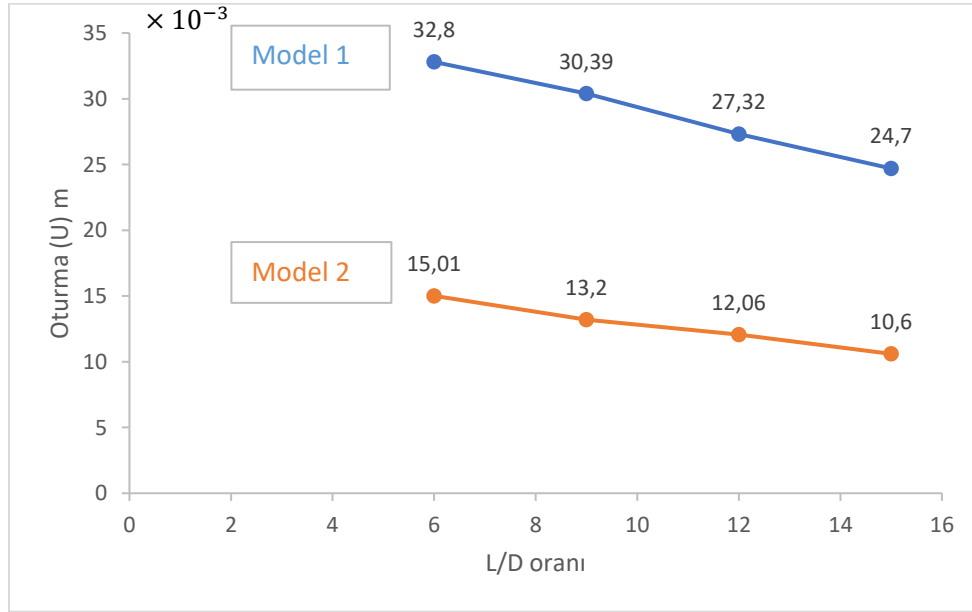
3.2 Yumuşak Zemin Analizleri

Yumuşak zemin yöntemi kullanılarak model 1 ve 2'nin analiz ve simülasyon sonuçları şekil 12'te sunulmaktadır. kolonların arasındaki mesafe (s) -deformasyon (U) ilişkisinin diyagramı göstermektedir. Gösterelen sonuçlara göre, zemindeki deformasyon kolonların arasındaki mesafe arttınca o da artmaktadır.

Mohr coulomb yöntemi kullanılarak model 1 ve 2'nin analiz ve simülasyon sonuçları şekil 13'te sunulmaktadır. kolonların uzunluğu-çapı oranı (L/D) -deformasyon (U) ilişkisinin diyagramı göstermektedir. Gösterelen sonuçlara göre, zemindeki deformasyon kolonların uzunluğu-çapı oranı arttınca o azalmaktadır.



Şekil 12 : Model 1 ve 2 için deformasyon-S ilişkisi (yumuşak zemin)



Şekil 13 : Model 1 ve 2 için deformasyon- L/D ilişkisi (yumuşak zemin)

4. SONUÇ

Bu çalışmanın kapsamında, derin karıştırma kolonları ile güçlendirilmiş beş katlı bir yapının iki boyutlu sayısal analizleri yapılmıştır. İki boyutlu analizlerde Plaxis 2D sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Model 1 ve 2 zemin özelliklerini alıp Mohr Coulomb (MC) ve Yumuşak Zemin (SS) yöntemlerini de uygulayarak şöyle bir sonuçlar verebilmiştir;

- Model 1 ve 2 için MC ve SS yöntemleri değerlendirildiğinde kolonların arasındaki mesafesinin uzatması daha deformasyon verdiği tespit etmiştir. Bununla birlikte, derin karıştırma kolonlarının uzunluğu da iyi bir etki verdiği görülmüştür.
- Şekil 13'te Model 1 ve Model 2'nin arasındaki zemin özelliklerinden dolayı (λ^* ve κ^*) farklı oturma sonuçları vermiştir. Böylece şişme indeksi (κ^*) ve sıkışma indeksi (λ^*) değerleri azaldıkça daha az zemin deformasyonu vereceği anlaşılmaktadır.
- Model 1 ve Model 2 de Elastisite modülü E (kN/m^2) farklı alındığında, sonuçlarda da bir fark yarattığı ortaya çıkmıştır.



Sonuç olarak bu çalışm, arazi ve laboratuvar deneylerinin düzgün yapıldığı taktirde, deney sonuçlarının doğru şekilde verifiye edilmesi, zemin özelliğine göre malzeme modeli seçimi, drenaj koşulunun doğru belirlenmesi ve mevcut saha koşullarını yansıtacak modelleme ile birlikte iki boyutlu ve üç boyutlu analizlerin benzer sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Referanslar

- [1] Albusoda B. S. ,Hussein S. H. & Al-Hamdani D. A." Numerical Analysis of Geogrid and Deep Mixing Column Supported Embankment", International Conference on Geotechnical Engineering, İRAQ,2020. doi:10.1088/1757-899X/901/1/012005
- [2] Jamsawang P. , Voottipruex P. , Jongpradist P. & Bergado D. T. (2015). " Parameters affecting the lateral movements of compound deep cement mixing walls by numerical simulations and parametric analyses". Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Cilt 10- SS.797–812
- [3] Jiang Y. Han J. & Zheng G. (2013). " Numerical Analysis of Consolidation of Soft Soils Fully-penetrated by Deep-mixed Columns". KSCE Journal of Civil Engineering, Cilt 17 sayı 1, ss(96-105).
- [4] Oliaei M. Heidarzadeh H. & Mansouri S. (2021). " 3D Numerical Analyses for Optimization of Deep-Mixing Columns Combined by Raft Foundations". Indian Geotechnical Society, DOI : <https://doi.org/10.1007/s40098-021-00541-8> 51, SS. 1338–1348.
- [5] Oliveira P. J. V. Pinheiro J. L. P. & Correia A. A. S. (2011). " Numerical analysis of an embankment built on soft soil reinforced with deep mixing columns: Parametric study", P.J. Venda Oliveira et al. / Computers and Geotechnics cilt 38, SS.566–576
- [6] Tugce C. F. Ilknur B. & Kubilay K. M. " A Numerical Study to Evaluate the Performance of Deep Mixed Columns", XVI Danube - European Conference on Geotechnical Engineering 07-09 June 2018, Skopje, R. Macedonia Paper No. 068
- [7] Wonglert A., Jongpradist P. , Jamsawang P. & Larsson S. (2018). " Bearing capacity and failure behaviors of floating stiffened deep cement mixing columns under axial load", ScienceDirect, cilt 58 SS.446-461
- [8] P. Voottipruex, D. T. Bergadoi, T. Suksawat, P. Jamsawang & W. Cheang (2011). " Behavior And Simulation Of Deep Cement Mixing (Dcm) And Stiffened Deep Cement Mixing (Sdcm) Piles Under Full Scale Loading". Japanese Geotechnical Society, cilt 51 sayı 2 ss.307-320.